

Uroš RADOVIĆ*

Promocja wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w Polsce: czy dodatkowy koszt systemowy jest uzasadniony?

STRESZCZENIE. Rozwój energetyki odnawialnej jako istotny element zrównoważonego rozwoju jest wśród priorytetów polityki energetycznej Unii Europejskiej celem, w którym dąży się do podwojenia udziału energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii pierwotnej brutto z 6% w 1997 r. do 12% w roku 2010. W celu ułatwienia osiągnięcia tego celu podjęto kilka inicjatyw legislacyjnych, włącznie z dyrektywą 2001/77/EC promującą wytwarzanie „zielonej” energii elektrycznej (OZE-E) poprzez zwiększenie produkcji z 15,2% w 2001 r. do 21% dla UE-25 w 2010 r. Dyrektywa OZE-E ustala indykatywne (nieobowiązujące) cele dla poszczególnych krajów członkowskich. Odnośnie Polski, udział OZE-E w łącznym zużyciu energii elektrycznej brutto w kraju powinien zostać potrojony i osiągnąć 7,5% w roku 2010. Niestety, z powodu bariery kosztowej wytwarzanie OZE-E na szerszą skalę w warunkach ekonomii rynkowej nie jest możliwe bez podjęcia odpowiednich działań wspierających, zapewniających opłacalność jej produkcji. Wspomaganie finansowe OZE-E uzasadnione jest jednak tylko wtedy, kiedy wynikające korzyści, przede wszystkim w zakresie ochrony środowiska naturalnego, przewyższają dodatkowy koszt systemowy nakładany na odbiorców. W niniejszym referacie pokazano, że odpowiedź na postawione pytanie jest pozytywna.

SŁOWA KLUCZOWE: energia odnawialna, OZE-E, koszty zewnętrzne, korzyści środowiskowe

* Dr inż. — Agencja Rynku Energii S.A., Warszawa; e-mail: urad@are.waw.pl

Recenzent: dr inż. Mariusz KUDELKO

Wprowadzenie

Rozwój energetyki odnawialnej jako istotny element zrównoważonego rozwoju stanowi jeden z podstawowych filarów polityki energetycznej Unii Europejskiej — celem jest podwojenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii pierwotnej z 6% w 1997 r. do 12% w roku 2010. W celu ułatwienia osiągnięcia tego celu podjęto kilka inicjatyw legislacyjnych, włącznie z dyrektywą 2001/77/EC promującą wytwarzanie „zielonej” energii elektrycznej (OZE-E) poprzez zwiększenie produkcji z 15,2% w 2001 r. do 21% dla UE-25 w 2010 r. Dyrektywa OZE-E ustala indykatywne (nieobowiązujące) cele dla poszczególnych krajów członkowskich. Odnośnie Polski, obecny udział OZE-E w łącznym zużyciu energii elektrycznej powinien zostać więcej niż potrojony i osiągnąć 7,5% w roku 2010.

Pomimo istotnego obniżania się w ostatnim dziesięcioleciu koszt wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych jest wciąż wysoki. W efekcie, wytwarzanie OZE-E na szerszą skalę w warunkach ekonomii rynkowej nie jest możliwe bez podjęcia odpowiednich działań wspierających, zapewniających opłacalność jej produkcji. Polityka państwa w zakresie promocji energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii jest w Polsce wyrażona poprzez zapisy zawarte w ustawie Prawo energetyczne i rozporządzeniu do tej ustawy. Głównym elementem systemu wsparcia rozwoju energetyki odnawialnej było nałożenie na wszystkie przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się obrotem energią elektryczną obowiązku zakupu określonych ilości OZE-E. Według znowelizowanego rozporządzenia MGiP z dnia 9 grudnia 2004 r. o obowiązku zakupu [1] wymagany udział OZE-E w ogólnej sprzedaży powinien wzrosnąć z 3% w 2005 r. do 9% w roku 2010, tj. do poziomu odpowiadającego 7,5% celowi indykatywnemu dla Polski, określonego w dyrektywie 2001/77/EC¹. Po roku 2010 przyjmuje się zachowanie stałego udziału OZE-E ze względu na przewidywany wzrost zużycia energii elektrycznej w Polsce oraz możliwość stworzenia wspólnego systemu promocji energetyki odnawialnej w UE. Dowodem zakupu lub produkcji wymaganej ilości OZE-E mają być świadectwa pochodzenia, natomiast za nieprzestrzeganie obowiązku przewidziana jest obowiązkowa kara.

Wprowadzony obowiązek zakupu określonych ilości OZE-E kreuje zapotrzebowanie na rynku OZE-E nie wymagając dotacji państwa — koszt jest zazwyczaj przenoszony na odbiorców końcowych. Dlatego też szczególnie ważna dla państwa oraz konsumentów energii elektrycznej jest wielkość prawdopodobnego dodatkowego kosztu (określanego mianem „koszt systemowy”) w wyniku zwiększonego udziału energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych. Jasne jest, że przyjmując docelowe procentowe udziały OZE-E, określona pośrednio zostaje wielkość kosztu systemowego do zaakceptowania przez społeczeństwo w przyszłości. Koszt ten powinien być zrównoważony korzyściami będącymi następstwem

¹ Dyrektywa UE nr 2001/77/EC definiuje pojęcie *zużycia energii elektrycznej*, jako krajową produkcję powiększoną o import i pomniejszoną o eksport tej energii. Różnica między sposobami obliczania wynika z zużycia energii przez przedsiębiorstwa energetyczne na pokrycie potrzeb własnych wytwórców oraz strat przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej.

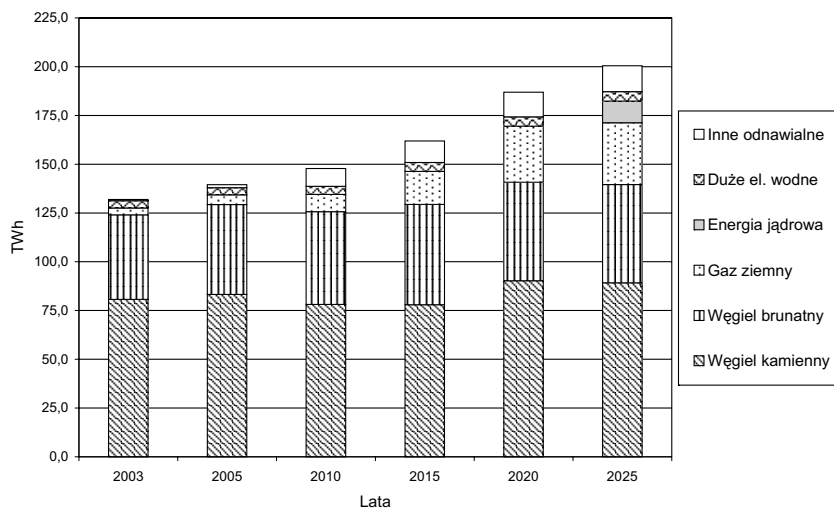
szerszego wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych, gdyż szereg ujemnych oddziaływań na środowisko przyrodnicze związanych z wytwarzaniem energii elektrycznej z paliw kopalnych (zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego, wód i gleby, globalne zmiany klimatu w wyniku emisji CO₂ itd.) można zmniejszyć poprzez szersze wykorzystanie energii odnawialnej. Koszty wywołanych w wyniku emisji zanieczyszczeń szkód określane są mianem „kosztów zewnętrznych”, ponieważ nie są odzwierciedlane w rynkowej cenie energii. Dlatego też w wytycznych odnośnie pomocy państwa dla przedsięwzięć ochrony środowiska Komisja Europejska pozwala krajom członkowskim na udzielanie nowym obiektom, wytwarzającym energię ze źródeł odnawialnych, pomocy operacyjnej w wysokości do 5 cEuro/kW·h, jeśli można ją uzasadnić uniknionym kosztem zewnętrznym [2].

W artykule podjęto próbę porównania dodatkowego kosztu dla odbiorców końcowych energii elektrycznej, i uniknionych kosztów zewnętrznych w wyniku wzrostu wykorzystania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w celu odpowiedzi na pytanie, czy unikniony koszt zewnętrzny uzasadnia dodatkowy koszt wspierania OZE-E. Analizę przeprowadzono dla okresu 2003–2025.

Produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w latach 2003–2025

Prognozowaną sumaryczną produkcję energii elektrycznej oraz produkcję energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w latach 2003–2025 przedstawiono według rodzajów źródeł, odpowiednio na rysunkach 1 i 2. Wzrost produkcji OZE-E jest w zgodzie z wymienionym rozporządzeniem MGiP. Obliczenia prognostyczne przeprowadzono z pomocą modelu ENPEP Międzynarodowej Agencji Energii Jądrowej przyjmując jako dane wejściowe główne rezultaty prognozy makroekonomicznej, sporządzonej przez Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową (scenariusz Bazowy, średnioroczne tempo wzrostu PKB 4,5% w latach 2004–2025) [3]. W analizie przyjęto umiarkowany (1,45%) realny średnioroczny wzrost ceny gazu ziemnego, niewielki (0,2%) średnioroczny spadek ceny węgla kamiennego oraz stałą realną cenę węgla brunatnego w rozpatrywanym okresie, jak również nieodpłatne przydzielenia pozwoleń na emisję CO₂ dla istniejących i nowych obiektów.

Przy prognozowanym ponad 2% średniorocznym wzroście zapotrzebowania na finalną energię elektryczną w okresie 2003–2025, wymóg 7,5% OZE-E w zużyciu energii elektrycznej brutto w 2010 r. oznacza wzrost produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych o około 9 TW·h w stosunku do odpowiedniej produkcji w 2003 roku. Ponieważ zasoby energetyki wodnej są ograniczone, aby przyjęty cel został osiągnięty, źródłem pozostałej części wymaganej OZE-E powinna być energetyka wiatrowa, biomasa stała (spalana w nowych lub współspalana z węglem w istniejących instalacjach) oraz biogaz. Zakłada się, że wzrost produkcji OZE-E z współspalania biomasy w istniejących instalacjach węglowych występuje do około roku 2012, natomiast w następnych latach zakładany

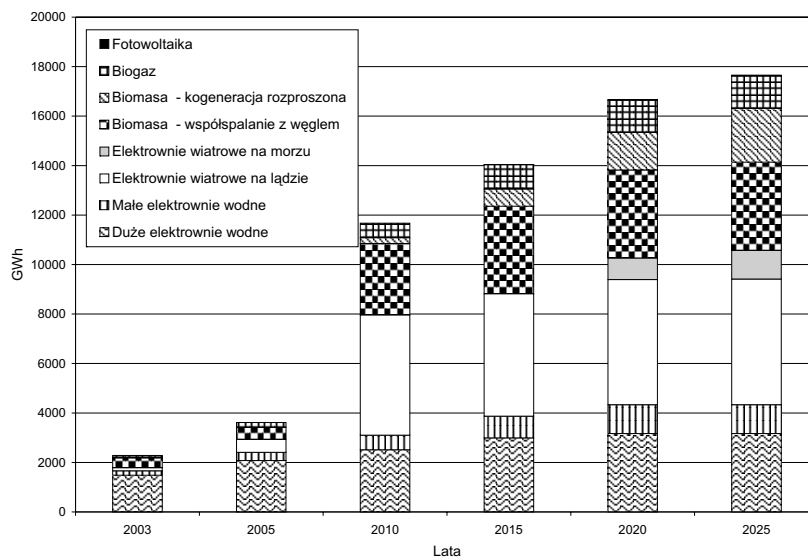


Rys. 1. Produkcja energii elektrycznej netto w latach 2003–2025

Fig. 1. Net electric energy generation in the years 2003–2025

jest bardziej intensywny rozwój małych lokalnych elektrociepłowni na biomase stałą (uprawy energetyczne i słomę).

W przypadku gdy wymagana ilość energii elektrycznej z biomasy do 2010 r. nie może być osiągnięta, energia wiatrowa pozostaje jedynym alternatywnym źródłem mogącym zapewnić taką ilość energii w wymaganym krótkim okresie. Chociaż technicznie i fizycznie



Rys. 2. Produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w latach 2003–2025

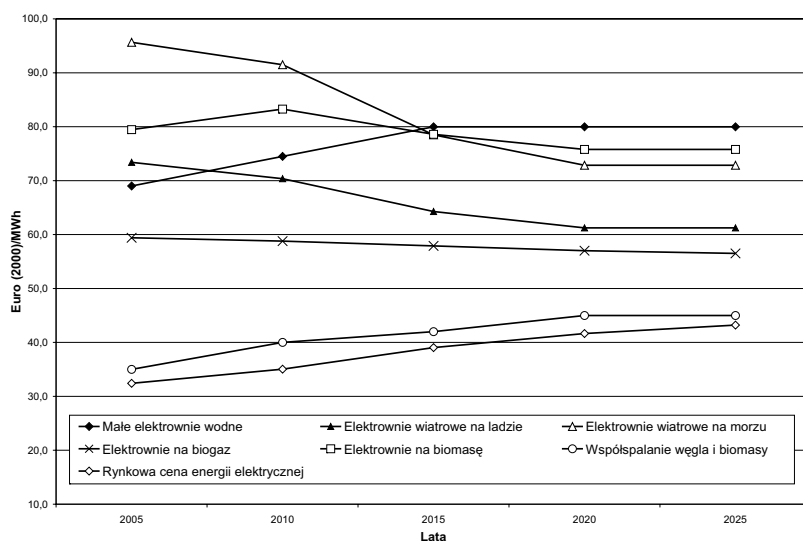
Fig. 2. Electric energy generation from renewable sources in the years 2003–2025

produkcja i zainstalowanie wystarczającej liczby turbin wiatrowych jest możliwe, brak wystarczającej ilości potencjalnych lokalizacji farm wiatrowych — zidentyfikowanych na podstawie wieloletnich pomiarów wiatru — bariery logistyczne i administracyjne, ograniczenia sieciowe oraz bariery środowiskowe nie sprzyjają również szybkiemu rozwojowi energetyki wiatrowej.

Koszt systemowy — wzrost ceny energii elektrycznej dla odbiorców w wyniku wzrostu produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych

Żadne źródło energii odnawialnej w Polsce nie jest obecnie konkurencyjne w porównaniu z technologiami konwencjonalnymi wytwarzającymi energię elektryczną po koszcie około 3–4 cEuro/kW·h. Sytuacja ta nie ulegnie radykalnej zmianie ni w następujących latach (rys. 3.), nawet jeśli koszt paliwa dla źródeł konwencjonalnych wzrośnie w wyniku ewentualnego wprowadzenia opłat za pozwolenia na emisję CO₂.

Pomimo że koszt technologii OZE-E maleje w wyniku postępu technicznego i masowej produkcji, niekoniecznie musi to mieć bezpośrednie odzwierciedlenie w cenie energii pochodzącej z OZE-E. Koszty produkcji OZE-E zależą w dużym stopniu od lokalizacji

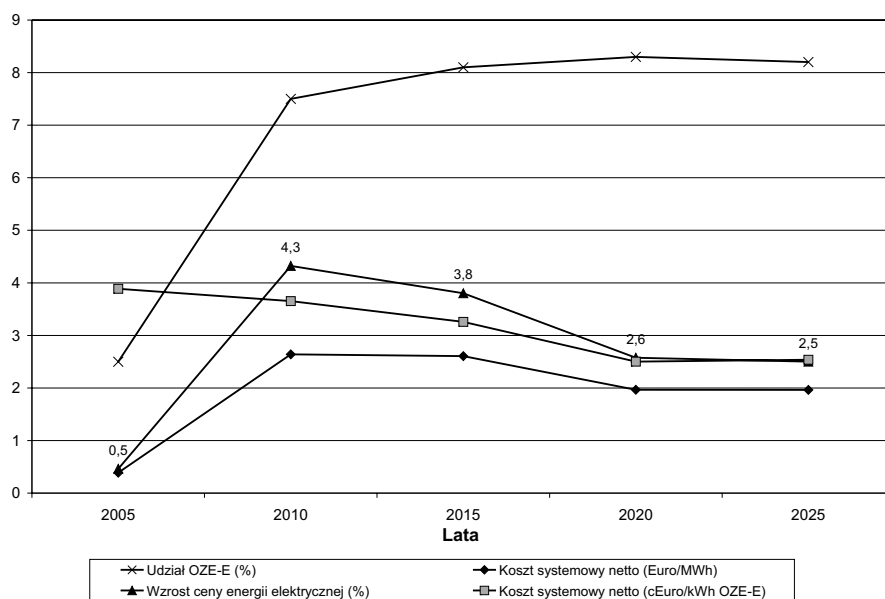


Rys. 3. Prognoza kosztów wytwarzania energii elektrycznej z nowych źródeł odnawialnych oraz rynkowej ceny energii elektrycznej do roku 2025. Przedstawione koszty nie zawierają kosztów przesyłu

Fig. 3. Projections of the generation cost of electric energy from new renewable sources and the market cost of electricity up to the year 2025

obiekty i jakości zasobów, przy czym można zakładać, iż najlepsze lokalizacje będą wykorzystane w pierwszej kolejności. Niższa o 15% przeciętna prędkość wiatru oznacza dla elektrowni wiatrowej niższą o około 30% produkcję i w konsekwencji wzrost ceny energii. Obiekty oddalone od konsumentów mogą wymagać wzmocnienia sieci przesyłowej; duży udział elektrowni wiatrowych, charakteryzujących się nieciągłością produkcji, wymaga rezerwy mocy w innych urządzeniach wytwórczych; wzrost zapotrzebowania na biomasę powoduje wzrost jej ceny itd.

W konsekwencji wprowadzenie nowych źródeł OZE-E powoduje dodatkowy koszt w systemie elektroenergetycznym, określany jako „koszt systemowy”. Na rysunku 4 przedstawiono koszt systemowy jako dodatkowy koszt netto na jednostkę sprzedanej energii elektrycznej oraz jako procentowy wzrost ceny dla odbiorców końcowych. Koszt ten obliczono z pomocą modelu ENPEP jako różnicę cen energii elektrycznej dla odbiorców końcowych w wyżej wymienionym scenariuszu Bazowym i scenariuszu, w którym produkcja OZE-E pozostaje niezmienną na poziomie roku 2003 przez cały okres prognozy. Poprzez odpowiednie modelowanie systemu elektroenergetycznego w ENPEP-ie obliczony koszt odzwierciedla: koszty instalacji OZE-E, koszt spalanej biomasy oraz dodatkowego rezerwowania mocy, zmniejszone korzyści związane z wytwarzaniem OZE-E (uniknione zużycie paliw, uniknione koszty inwestycyjne oraz utrzymania i obsługi w instalacjach konwencjonalnych); nie uwzględnia natomiast kosztu ewentualnego wzmocnienia sieci przesyłowej i dystrybucyjnej. Podane wartości są obciążone dużą niepewnością, związaną z trudnościami w prognozowaniu przyszłych kosztów energii ze źródeł odnawialnych, cen



Rys. 4. Dodatkowy koszt systemowy oraz wzrost ceny energii dla odbiorców końcowych w wyniku wzrostu produkcji OZE-E

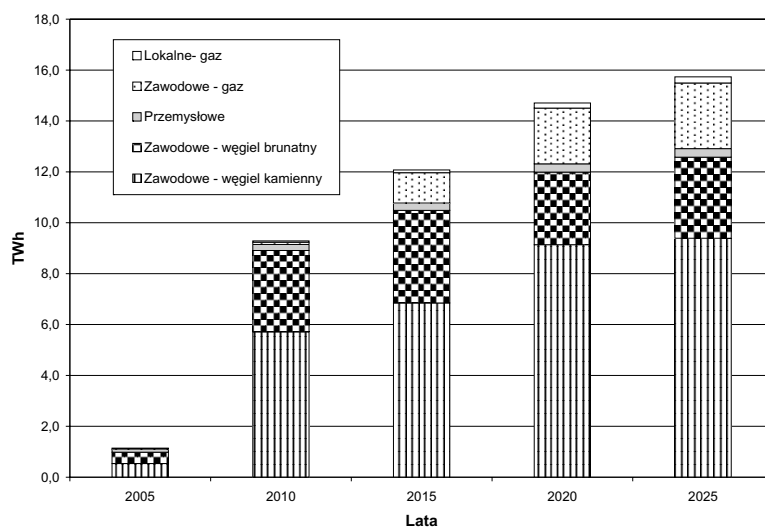
Fig. 4. Additional system cost and the increase of electricity price for the end-users due to the increase of RES-E generation

paliw oraz rynkowej ceny energii elektrycznej. Przedstawione wartości można interpretować jako dolną granicę wzrostu ceny dla odbiorców końcowych.

Jak pokazano na rysunku 4. dodatkowy koszt systemowy netto w 2010 roku wyniesie około 2,6 Euro/MW·h, natomiast zostaje on obniżony do 2 Euro/MW·h około 2020 r. Oznacza to 4,3% wzrost ceny odbieranej energii elektrycznej w 2010 r. (2,5% w 2020 r.). Jest to koszt, jakiego mogłyby się spodziewać konsumenci energii elektrycznej pod warunkiem, że koszt OZE-E jest odzwierciedlony prawidłowo na rynku energii elektrycznej.

Efekt wprowadzania nowych źródeł OZE-E na emisję CO₂ i emisję zanieczyszczeń powietrza związanych z produkcją energii elektrycznej

Potencjalnym skutkiem wzrostu wytwarzania OZE-E jest redukcja emisji zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego oraz gazów cieplarnianych związanych z produkcją energii elektrycznej ze źródeł konwencjonalnych. Wielkość oraz rodzaj unikniętych emisji będzie zależał od rodzaju źródeł konwencjonalnych u których zostało uniknione wytwarzanie energii elektrycznej (rys. 5). Unikniętą generację energii elektrycznej, jak również wielkości unikniętych emisji określono stosując model ENPEP jako różnicę odpowiednich wartości dla scenariusza Bazowego (produkcja OZE-E w roku 2010 osiąga 7,5%) oraz

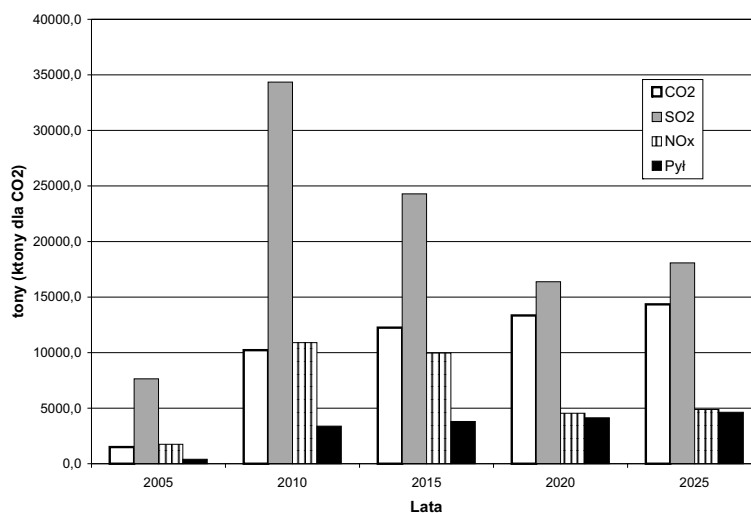


Rys. 5. Unikniona produkcja energii elektrycznej netto ze źródeł konwencjonalnych w wyniku wzrostu produkcji OZE-E

Fig. 5. Avoided net electricity generation in conventional sources due to the increase of RES-E generation

scenariusza zerowego wzrostu OZE-E w okresie 2003–2025. Jak wyidać, do roku 2015 wzrost OZE-E wpływa głównie na produkcję energii elektrycznej w elektrowniach opalanych węglem kamiennym i brunatnym, w okresie późniejszym również w instalacjach gazowych.

Trzeba podkreślić, że wielkość obniżenia emisji zanieczyszczeń w kolejnych latach 2005–2025 jest wartością dynamiczną, i nie jest wprost proporcjonalna do wzrostu wytwarzanej OZE-E. W następstwie ciągłej modernizacji elektrowni systemowych w celu dostosowania do norm Unii Europejskiej oraz wprowadzania nowych mocy o lepszej sprawności i nowymi technologiami ochrony środowiska, średnia emisyjność elektrowni i elektrociepłowni systemowych systematycznie ulega obniżeniu. W konsekwencji, pomimo wzrostu ilości wytwarzanej OZE-E, w okresie po roku 2010 można zauważyć nie tylko ogólny spadek tempa wzrostu unikniętych emisji, ale również w przypadku niektórych zanieczyszczeń (SO_2 , NO_x) ujemny wzrost (obniżenie) unikniętych emisji (rys. 6).



Rys. 6. Uniknione emisje w wyniku produkcji energii elektrycznej z nowych źródeł odnawialnych w latach 2005–2025

Fig. 6. Avoided pollutant emissions due to the new RES-E generation in the years 2005–2025

Oszacowanie kosztów zewnętrznych

Jednym z warunków uwzględnienia kosztów zewnętrznych w analizach jest określenie ich wiarygodnych wartości. Niestety, stopień niepewności związany z określeniem monetarnej wartości kosztów zewnętrznych jest wciąż duży, o czym najlepiej świadczy bardzo szeroki przedział wartości kosztów zewnętrznych oszacowanych w różnych opracowaniach.



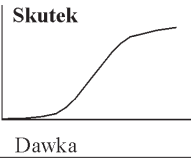

Oparta na emisji zanieczyszczeń z procesu wytwarzania energii elektrycznej, i uważana za najbardziej zaawansowaną i autorytatywną, metodyka ExternE² określa koszty zewnętrzne stosując podejście „ścieżki oddziaływań” (tab. 1, [4]).

W pierwszym kroku określone jest rozprzestrzenienie zanieczyszczeń i ich transformacja chemiczna, lub możliwie poprzez radiacje, w atmosferze, glebie i wodzie. W następnym kroku na podstawie wielkości wzrostu stężenia zanieczyszczenia obliczana jest z pomocą tzw. funkcji ekspozycja–skutek szkoda wywierana na zdrowiu ludzi, roślinach, dobrach materialnych; w trzecim i końcowym kroku szacowana jest przez zastosowanie odpowiednich metod pieniężna wartość szkód. Szkody i ich koszty sumowane są dla wszystkich receptorów. Dzieląc sumaryczne koszty szkód w wyniku emisji wybranego zanieczyszczenia przez całkowitą emisję tego zanieczyszczenia otrzymujemy koszty na jednostkę emitowanego zanieczyszczenia (np. Euro/Mg SO₂).

Celem metodyki ExternE jest obliczenie krańcowego kosztu zewnętrznego dla określonej technologii i określonej lokalizacji elektrowni. Ponieważ naszym głównym celem było oszacowanie uśrednionego kosztu zewnętrznego dla systemu elektroenergetycznego Polski,

TABELA 1. Podstawowe kroki metody ścieżki oddziaływań — Projekt ExternE

TABLE 1. The basic steps of the Impact Pathway Method — ExternE Project

Kroki analizy		Narzędzia, dane
1. Emisje		Charakterystyki źródła — lokalizacja — technologie — parametry komina — emisyjności zanieczyszczeń
2. Rozprzestrzenienie zanieczyszczeń		Modele rozprzestrzenienia — rozprzestrzenienie lokalne — transport regionalny Przestrzenny rozkład receptorów
3. Oszacowanie skutków		Funkcje dawka-skutek (ER) — zdrowie ludzi — rośliny — materiały budowlane
4. Pieniężna wartość szkód		Analizy „Gotowości do zapłaty” (WTP), ceny rynkowe — koszt zewnętrzny

² Rozwinięta w ramach projektu „ExternE” (“External costs of Energy”) Komisji Europejskiej [4].

obliczenia przeprowadzono w oparciu o uproszczoną metodologię ExternE stosując model SimPacts Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej. Stosując uproszczoną metodykę uniknięto dokładnego modelowania rozprzestrzenienia zanieczyszczeń na duże odległości, będącego najbardziej pracochłonną częścią każdej analizy kosztów zewnętrznych, zachowując jednocześnie przyzwoity stopień dokładności w stosunku do pełnej metody [6]. Wyniki obliczeń podsumowano w tabela 2.

TABELA 2. Uśrednione koszty zewnętrzne wytwarzania energii elektrycznej w Polsce [Euro'2000/tonę emitowanego zanieczyszczenia]

TABLE 2. Average external costs of electricity generation in Poland (Euro'2000/ tonne of emitted pollutant]

Wyszczególnienie	Zdrowie ludzi	Rośliny uprawne	Budynki i materiały	Eko-system: zakwaszenie i eutrofizacja	Razem
Pyły — PM ₁₀	10950		?		10 950
Dwutlenek siarki — SO ₂	3590	-30	150	200	3 910
Tlenki azotu — NO _x	2640	poprzez ozon ?	50	150	2 840
Dwutlenek węgla — CO ₂	Globalne zmiany klimatu: 5–20 Euro/Mg CO ₂				

Koszty skutków zdrowotnych wyraźnie dominują nad innymi efektami. Skutki zdrowotne to przede wszystkim wzrost umieralności spowodowany długotrwałym narażeniem na wdychanie drobnych cząsteczek zanieczyszczeń powietrza: pyłów PM₁₀ (cząsteczki stałe o średnicy poniżej 10 μ bezpośrednio emitowanych z komina, aerozoli siarczanów i azotanów oraz ozonu powstających w atmosferze w wyniku reakcji chemicznych SO₂ i NO_x). Określenie pieniężnej wartości szkód zdrowotnych pozostaje w dużym stopniu kwestią subiektywnej oceny, gdyż nie istnieje cena rynkowa tychże wartości. Koszty te określane są poprzez szacunek „gotowości do zapłaty” (WTP) za obniżenie ryzyka zdrowotnego. W obliczeniach zastosowano znowelizowane wartości funkcji ekspozycja–skutek oraz jednostkowych kosztów szkód zdrowotnych dla krajów UE (New ExternE 2004 [5]).

Koszty szkód materialnych i strat rolniczych w wyniku zanieczyszczeń powietrza są generalnie niskie i przedstawiają niewielką część ogólnych szkód. Ujemna wartość w przypadku bezpośredniego oddziaływań SO₂ na rośliny oznacza korzyść (na obszarach o stężeniu tła poniżej 20 μg/m³ SO₂ działa jako nawóz [4]).

Potencjalnie znaczące szkody mogą występować w środowisku naturalnym w wyniku zakwaszenia i eutrofizacji gleby i wody. Niestety, stosunkowo ograniczone zrozumienie złożonych mechanizmów prowadzących do zakwaszenia i eutrofizacji ekosystemu nie pozwala obecnie na zastosowanie metodyki ścieżki oddziaływań do określenia wielkości tychże szkód. Wartości w tabeli 2 określono poza modelem SimPacts na podstawie [9], zakładając marginalny WTP w wysokości 100 Euro/ha chronionego eko-obszaru [5].

Szkody w wyniku ocieplenia klimatu są na pewno jedną z najważniejszych kategorii wśród wszystkich szkód powstających w wyniku emisji zanieczyszczeń, związanych ze stosowaniem paliw kopalnianych, niestety również wśród najbardziej spornych i niepewnych. Ostatnio przeprowadzone analizy w ramach projektu ExternE określają wielkość szkód w wyniku zmian klimatu w przedziale (min 0,1 Euro/Mg CO₂, max 16,4 Euro/Mg CO₂), z wartością centralną 2,4 Euro/Mg CO₂. Zasadność stosowania tak niskiej wartości jest co najmniej wątpliwa, gdyż wartości te dotyczą tylko okresu czasowego do 2100 roku, a autorzy analizy ostrzegają, że „efekty uwzględnione przez stosowane modeli przedstawiają tylko część (o nieznanej wielkości) wszystkich możliwych skutków efektu cieplarnianego” [7].

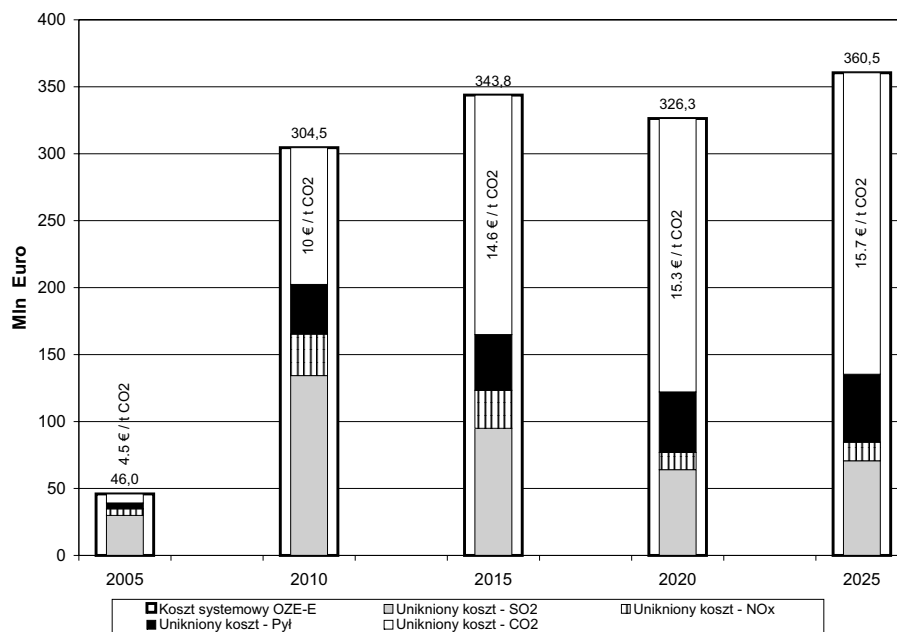
W konsekwencji, w analizach zalecane jest stosowanie wartości zastępczych, jak na przykład wartości przewidywanej ceny tony emisji CO₂ po wprowadzeniu handlu emisjami CO₂, lub alternatywnie, wielkości kosztu redukcji emisji wymaganej dla osiągnięcia przyjętych pułapów emisji gazów cieplarnianych (protokół Kioto), gdyż wartości te odzwierciedlają w pewnym sensie gotowość społeczeństwa do zapłaty dla uniknięcia możliwych, lecz nieznanych skutków ocieplenia klimatu. Z przeprowadzonych dla Unii Europejskiej analiz wynika, że wymaganą przez protokół z Kioto 8% redukcję emisji (w stosunku do roku 1990) można osiągnąć przy koszcie 5–20 Euro/Mg uniknionej emisji CO₂, zależnie od stopnia zastosowania mechanizmów elastyczności zawartych w protokole z Kioto [10].

Zauważmy na końcu, że również technologie energii odnawialnej nie są wolne od ujemnego oddziaływania na środowisko, jakkolwiek jego stopień jest znacznie mniejszy i ma charakter przeważnie lokalny.

Porównanie dodatkowego kosztu systemowego i uniknionych kosztów zewnętrznych

Na rysunku 7 porównano dodatkowy koszt systemowy w wyniku wzrostu produkcji OZE-E w latach 2005–2025 z uniknionym kosztem zewnętrznym. Koszt zewnętrzny obliczono przemnażając uniknione emisje i odpowiednie jednostkowe koszty szkód. W przypadku emisji SO₂, NO_x i pyłu jednostkowe koszty szkód odpowiadają wartościom podanym w tabeli 2. Dla emisji CO₂ natomiast, jednostkowy koszt wybrano tak, aby sumaryczny unikniony koszt zewnętrzny osiągnął wartość dodatkowego kosztu systemowego.

Jak można zauważyć, nieuwzględnienie premii dla uniknionych emisji CO₂ (skutków ocieplenia klimatu) powoduje, że dodatkowy koszt systemowy znacznie przewyższa korzyść (unikniony koszt zewnętrzny) wynikającą z założonego udziału energii odnawialnej w krajowej konsumpcji energii elektrycznej. W 2015 roku na przykład, dodatkowy koszt dla odbiorców (ponad 340 mln Euro) przewyższałby ponad dwukrotnie oszacowany unikniony koszt zewnętrzny. Uwzględnienie premii dla uniknionej emisji CO₂ natomiast, znacznie wzmacnia argument uzasadniający popieranie OZE-E jako źródeł o zerowej emisji CO₂.



Rys. 7. Porównanie dodatkowego kosztu dla odbiorców końcowych a uniknionego kosztu zewnętrznego w wyniku wzrostu produkcji OZE-E

Fig. 7. Comparison of the additional cost to consumers and the avoided external cost due to the increase of RES-E generation

Jeśli zatem w obliczeniach przyjmujemy, że wartość uniknionej emisji CO₂ rośnie stopniowo z około 5 Euro/tonę w 2005 r. do około 15 Euro/tonę w roku 2015, i pozostaje co najmniej na tym poziomie w późniejszym okresie, unikniony koszt zewnętrzny w wyniku integracji źródeł odnawialnych w system elektroenergetyczny kraju będzie przewyższał dodatkowy koszt dla odbiorców finalnych. Innymi słowy średnioroczna korzyść obliczona jako różnica uniknionych kosztów zewnętrznych i dodatkowego kosztu dla odbiorców końcowych będzie dodatnia.

Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy, mimo wszystkich niepewności związanych z szacowaniem kosztów zewnętrznych, można wnioskować, że uniknione w wyniku wzrostu produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych koszty zewnętrzne przewyższają dodatkowy koszt systemowy. Innymi słowy ponoszony koszt społeczny zostaje zrównoważony przez korzyści wynikające z uniknionych szkód środowiskowych. Dodatkowym argumentem wzmocniającym tę konkluzję jest fakt, że w analizie nie uwzględniono innych poten-

cyjnych, lecz trudnych do oszacowania korzyści będących następstwem szerszego wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych, a zasługujących na poparcie społeczne, jak np. kreowanie nowych miejsc pracy i rozwój gospodarczy, w szczególności obszarów wiejskich, wzrost bezpieczeństwa energetycznego państwa, rozwój nowych technologii itp.

Jednak, chociaż patrząc w perspektywie długoterminowej popieranie wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych, jako najważniejszej opcji zrównoważonego i bezpiecznego rozwoju, jest jak najbardziej uzasadnione, otwarta pozostaje odpowiedź na pytanie, czy przy obecnie kształtujących się kosztach, wprowadzenie w życie aktu prawnego typu wymienionego rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy o obowiązkowych zakupach określonych ilości OZE-E po cenach ekonomicznie uzasadnionych, jest optymalnym sposobem alokacji do tego celu dosyć ograniczonych środków społecznych. Porównanie OZE-E z innymi, w perspektywie krótko-średnioterminowej prawdopodobnie bardziej efektywnymi sposobami obniżenia emisji zanieczyszczeń powietrza oraz gazów cieplarnianych, jakim są np. zwiększenie efektywności wykorzystania energii, podwyższenie sprawności i modernizacja techniczna i ekologiczna istniejących jednostek produkcyjnych, zarządzanie popytem energii itp., przekracza ramy niniejszej pracy. Argument kreowania nowych miejsc pracy i rozwój gospodarczy poprzez rozwój OZE-E można w pewnym stopniu również zakwestionować, gdyż jednym z głównych źródeł OZE-E w perspektywie średnioterminowej będzie prawdopodobnie energetyka wiatrowa, gdzie subsydiowanie oznacza w dużym stopniu popieranie przemysłu zagranicznego.

Literatura

- [1] Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii oraz energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z energią cieplną (Dz.U. nr 267, poz. 2655 i 2656).
- [2] European Commission, Community guidelines on State aid for environmental protection. Official Journal C 037, 03/02/2001.
- [3] Długookresowa prognoza makroekonomiczna i sektorowa rozwoju Polski w latach 2004–2025. IBnGR, Warszawa, lipiec 2004.
- [4] European Commission. Joule Programme. ExternE : Externalities of Energy: Volume 7 — Methodology 1998 update, EUR 18835, 1999.
- [5] New ExternE Internet site: www.externe.info/index.html.
- [6] Radović U., 2002: Uproszczona metodyka szacowania kosztów zewnętrznych w wyniku emisji zanieczyszczeń powietrza związanych z wytwarzaniem energii elektrycznej. Referat na XVI Konferencję z cyklu: „Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej”. Zakopane, 6–9 października 2002.
- [7] Tol R., Downing T. E., 2000: The marginal costs of climate changing emissions. D-00/08. Institute for Environmental Studies. Vrije Universiteit, Amsterdam.
- [8] Krewitt W., Nitsch J., 2002: The German Renewable Energy Sources Act — an investment into the future pays off already today (accepted for publication in Renewable Energy). German Aerospace Center (DLR).

- [9] Krewitt W. At al., 2001: Country-specific Damage Factors for Air Pollutants — A Step Towards Site Dependent Life Cycle Impact Assessment. *Int. J. LCA* 6 (4).
- [10] Capros P., Mantzos L., 2000: The Economic Effects of EU-Wide Industry-Level Emission Trading to Reduce Greenhouse Gases. Results from PRIMES energy Systems Model, E3M Lab, National Technical University of Athens.
- [11] Planning of the Grid Integration of Wind Energy in Germany Onshore and Offshore up to the Year 2020. Deutsche Energie — Agentur GmbH, Berlin 2005.

Uroš RADOVIĆ

Support of the electricity generation from renewable energy sources in Poland: is the additional system cost justified?

Abstract

Development of renewable energy sources (RES) being the basis for a sustainable development is among the priorities of EU energy policy — the goal is to double the share of RES in the primary energy consumptions, from 6% in 1997 to 12% in 2010. To that end, several legislative initiatives have been undertaken so far, including the directive 2001/77/EC, promoting the „green” electricity (RES-E) by increasing its generation in EU-25 from 15,2% in 2001 to 21% in 2010. The RES-E directive sets indicative (non-obligatory) goals for member states. For Poland the goal is to triple the present consumption of RES-E achieving 7,5% in 2010. Unfortunately, because of the cost barrier the generation of RES-E at a large scale in a competitive market economy is not feasible unless it receives support securing its profitability. However, such a support is justifiable only if the corresponding benefits, mainly environmental, exceed the additional cost imposed onto the final consumers. In the present article it has been shown that the answer to the posed question is positive.

KEY WORDS: renewable energy, RES-E, external costs, environmental benefits